

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift
①1 DE 30 47 619 A 1

⑤1 Int. Cl. 3:
G 01 L 13/06

②1 Aktenzeichen:
②2 Anmeldetag:
④3 Offenlegungstag:

P 30 47 619.8-52
17. 12. 80
24. 9. 81

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1
19.12.79 JP P164128/79

⑦1 Anmelder:
Hitachi, Ltd., Tokyo, JP

⑦4 Vertreter:
Beetz sen., R., Dipl.-Ing.; Lamprecht, K., Dipl.-Ing.; Beetz
jun., R., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw.; Heidrich, U.,
Dipl.-Phys. Dr.jur., Pat.- u. Rechtsanw.; Timpe, W., Dr.-Ing.;
Siegfried, J., Dipl.-Ing.; Schmitt-Fumian, W., Privatdozent,
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 8000 München

⑦2 Erfinder:

Shimazoe, Michitaka, Motoyoshidacho, Mito, JP;
Matsuoka, Yoshitaka, Senbacho, Mito, JP; Akahane,
Ryozo; Shimizu, Yasushi; Nemoto, Hideyuki, Ichige,
Katsuta, JP; Tanabe, Masanori, Hitachi, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Differenzdruckmesswandler

DE 30 47 619 A 1

DE 30 47 619 A 1

81-31.782P(31.783H)

17. Dez. 1980

Ansprüche

1. Differenzdruckmesswandler,
g e k e n n z e i c h n e t
- durch ein Differenzdruckmessgehäuse (70), in das zwei
Fluide mit unterschiedlichem Druck eingeführt werden,
- durch eine aus Halbleitermaterial gebildete Messmem-
bran (56) mit einem überstehenden Mittelbereich (58)
grosser Dicke, mit einem in Umfangsrichtung verlau-
fenden tragenden Flansch (60) grosser Dicke und mit
einem ringförmigen spannungserzeugenden Abschnitt (62)
geringer Dicke, der zwischen dem Mittelbereich (58)
und dem Flansch (60) angeordnet ist und auf dem Mess-
widerstandselemente (64) angeordnet sind,
- durch ein am Flansch (60) befestigtes gläsernes Trag-
glied (66),
- durch ein zwischen dem Tragglied (66) und dem Diffe-
renzdruckmessgehäuse (70) angeordnetes metallisches
Tragglied (68) und
- durch eine mit dem gläsernen Tragglied (66) und dem
metallischen Tragglied (68) in Verbindung stehende
druckleitende Kanalanordnung (67, 69).
2. Differenzdruckmesswandler nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
- dass der Mittelbereich (58) eine kleinere Dicke als
der Flansch (60) hat,

81-(A5248-03)

130039/0949

- dass die der Messmembran (56) zugewandte Fläche des gläsernen Tragglieds (66) eben ist und
 - dass zwischen dem Mittelbereich (58) und dem gläsernen Tragglied (66) ein Spiel gebildet ist.
3. Differenzdruckmesswandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
- dass die Dicke des gläsernen Tragglieds (60) weniger als dreimal so gross wie die Dicke der Messmembran (56) ist.
4. Differenzdruckmesswandler nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,
- dass der Durchmesser des metallischen Tragglieds (68) grösser ist, wenn der Durchmesser des gläsernen Tragglieds (66) kleiner ist.
5. Differenzdruckmesswandler nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,
- dass das gläserne Tragglied (66) die Form eines dünnen Films hat und
 - dass der Durchmesser des metallischen Tragglieds (68) gleich dem Durchmesser der Messmembran (56) ist.
6. Differenzdruckmesswandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
- dass das gläserne Tragglied (66) aus Borsilikatglas besteht und
 - dass das metallische Tragglied (68) aus einer Legierung besteht, die gebildet ist aus einer aus einer Eisen-Nickel-Legierung und einer Eisen-Nickel-Kobalt-Legierung bestehenden Gruppe.
7. Differenzdruckmesswandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

- dass die Kristallfläche der Messmembran (56) eine $\{110\}$ -Fläche ist und
- dass die Messwiderstandselemente parallel zu einer $\langle 111 \rangle$ -Achse angeordnet sind.

8. Differenzdruckmesswandler nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

- dass die Kristallfläche der Messmembran (56) eine $\{211\}$ -Fläche ist und
- dass die Messwiderstandselemente (64) parallel zu einer $\langle 111 \rangle$ -Achse angeordnet sind.

9. Differenzdruckmesswandler
gekennzeichnet

- durch ein Druckaufnahmegehäuse (10),
- durch zwei dichte Membranen (16, 18), von denen jede auf einer von gegenüberliegenden Seiten des Druckaufnahmegehäuses (10) angeordnet ist zur Bildung einer Druckaufnahmekammer (20) für ein Hochdruckfluid und einer Druckaufnahmekammer (22) für ein Niederdruckfluid auf den gegenüberliegenden Seiten des Druckaufnahmegehäuses (10),
- durch eine mittige Membran (24) im Druckaufnahmegehäuse (10) zur Bildung zweier getrennter Kammern (26, 28), von denen jede mit einer der beiden Druckaufnahmekammern (20, 22) in Verbindung steht,
- durch eine Messmembran (56) aus Halbleitermaterial mit auf ihrer einen Seite angeordneten Messwiderstandselementen (64) und mit einem auf ihrer anderen Seite angeordneten mittigen Vorsprungsbereich (58) grosser Dicke und einem in Umfangsrichtung verlaufenden tragenden Flansch (60) grosser Dicke, wobei dazwischen ein ringförmiger Abschnitt (62) geringer Dicke gebildet ist,
- durch ein gläsernes Tragglied (66), das mit einem Endabschnitt am Flansch (60) der Messmembran (56) auf

deren anderen Seite befestigt ist und mit einer druckleitenden Bohrung (67) versehen ist,

- durch ein metallisches Tragglied (68), das mit einem Endabschnitt am anderen Endabschnitt des gläsernen Tragglieds (66) befestigt und mit einer druckleitenden Bohrung (69) versehen ist, die mit der im gläsernen Tragglied (66) befindlichen Bohrung (67) in Verbindung steht,
- durch ein Differenzdruckmessgehäuse (70), mit dem das metallische Tragglied (68) mit seinem anderen Endabschnitt verbunden ist,
- durch ein metallisches Verbindungsglied (88), das das Druckaufnahmegehäuse (10) mit dem Differenzdruckmessgehäuse (70) verbindet und mit einer ersten druckleitenden Bohrung (84) und einer zweiten druckleitenden Bohrung (86) versehen ist, wobei die erste druckleitende Bohrung (84) die andere Seite des Messmembran (56) mit der einen Druckaufnahmekammer (20) verbindet und die zweite druckleitende Bohrung (86) die eine Seite der Messmembran (56) mit der anderen Druckaufnahmekammer (22) durch das gläserne Tragglied (66) und das metallische Tragglied (68) verbindet, und
- durch ein inkompressibles Fluid in den Druckaufnahmekammern (20, 22), in den getrennten Kammern (26, 28) und in den ersten sowie zweiten druckleitenden Bohrungen (84, 86).

10. Differenzdruckmesswandler nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet,
 - dass sich auf der Oberfläche der Messmembran (56) Aluminiumdrähte (65) befinden zur Hindurchführung eines Ausgangs von den Messwiderstandselementen (64).
11. Differenzdruckmesswandler nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet,

- dass sich die Aluminiumdrähte (65) vom mittigen Vorsprungsbereich (58) der Messmembran (56) zu deren ringförmigen Abschnitt (22) geringer Dicke erstrecken.

HITACHI, LTD., Tokyo,
Japan

Differenzdruckmesswandler

Die Erfindung betrifft einen Differenzdruckmesswandler mit einer Messmembran aus Halbleitermaterial zum Messen des Differenzdrucks zwischen einem unter hohem Druck stehenden Fluid und einem unter niedrigem Druck stehenden Fluid und zum Erzeugen eines elektrischen Ausgangs, wenn zwischen den beiden gemessenen Drücken eine Differenz besteht.

Bei einer Art von Messmembran aus Halbleitermaterial, etwa Silicium, hat die Membran einen mittleren Bereich und einen Umfangsbereich grosser Dicke und einen Zwischenbereich geringer Dicke, vgl. z. B. die US-PS 4 135 408, und enthält einen spannungserzeugenden Teil im Zwischenbereich geringer Dicke, in dem ein Messwiderstand durch ein Dispersionsverfahren oder ein Ionenimplantationsverfahren vorgesehen ist. Diese Art von Messmembran hat den Vorteil, dass selbst dann

im wesentlichen dieselben Eigenschaften erzielbar sind, wenn der Druck in unterschiedlichen Richtungen ausgeübt wird (je nachdem, ob der Druck auf der Messfläche oder auf der gegenüberliegenden Seite ausgeübt wird).

Wenn auch der Messwiderstand von der Messmembran aus Silicium durch eine P-N-Grenze isoliert ist, hat letztere einen verhältnismässig niedrigen Isolationswiderstand. Es ist somit ziemlich schwierig, den Einfluss einer elektrischen Störung von aussen auf den Messwiderstand zu verhindern. Bei der oben angegebenen US-PS 4 135 408 ist die Messmembran aus Silicium elektrisch nicht isoliert. Bei dem Differenzdruckmesswandler dieser Konstruktion ist es unmöglich, den Messwiderstand für eine Störung undurchlässig zu machen, ausser wenn der Differenzdruckmesswandler insgesamt elektrisch isoliert wird.

Eine elektrische Isolierung kann ohne weiteres durch Isolieren der Messmembran allein vorgesehen werden. Hierzu wurde eine Untersuchung bezüglich der Befestigung einer Messmembran auf einem gläsernen Tragglied mit im wesentlichen demselben Wärmeausdehnungskoeffizienten wie bei der Messmembran aus Halbleitermaterial durchgeführt. Bei einem Differenzdruckmesswandler werden hohe Leitungsdrücke (hydrostatische Drücke) von etwa 100 kg/cm^2 auf die gegenüberliegenden Seitenflächen der Messmembran ausgeübt, wobei eine Druckdifferenz von einer geringen Höhe wie $0,1 \text{ kg/cm}^2$ zwischen den beiden Drücken gemessen werden muss. Wenn der Differenzdruckmesswandler der obigen Konstruktion unter dieser Bedingung verwendet wird, unterliegen die Messmembran und das gläserne Tragglied einer Verformung, wenn durch einen hohen hydrostatischen Druck eine gegebene Druckkraft daraus ausgeübt wird, und wird durch den hydrostatischen Druck ein Ausgang erzeugt. Der Ausgang des hydrostatischen Drucks verursacht die Erzeugung von Messfehlern der Differenzdrücke. Eine Prüfung hat ergeben, dass die aus Silicium bestehende Messmembran einen

Elastizitätsmodul hat, der von demjenigen von Glas abweicht, und dass der dazwischen vorliegende Unterschied der Elastizitätsmodule für den Unterschied des Betrags an Verformung zwischen den Messmembran und dem gläsernen Tragglied verantwortlich ist.

Aufgabe der Erfindung ist daher die Schaffung eines Differenzdruckmesswandlers, bei dem die Messmembran allein gegenüber dem Wandlergehäuse elektrisch isoliert und gegenüber den Einflüssen der hydrostatischen Drücke undurchlässig gemacht ist.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäss durch die Gegenstände der Ansprüche 1 bzw. 9.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Erfindungsgemäss ist eine Messmembran aus Halbleitermaterial, etwa Silicium, auf dem Differenzdruckmessgehäuse durch ein gläsernes erstes Tragglied und ein metallisches zweites Tragglied befestigt. Die Messmembran ist versehen mit einem Bereich grosser Dicke in der Mitte und am Umfang und einem Bereich geringer Dicke zwischen den Bereichen grosser Dicke in der Mitte und am Umfang, wobei in dem Bereich geringer Dicke ein Messwiderstand vorgesehen ist. Das erste Tragglied besteht aus Glas, etwa Borsilikatglas, mit einem Wärmeausdehnungskoeffizienten, der im wesentlichen gleich demjenigen von Silicium ist. Das zweite Tragglied besteht aus Metall, etwa einer Fe-Ni-Legierung, Fe-Ni-Co-Legierung usw., deren Wärmeausdehnungskoeffizient und Elastizitätsmodul im wesentlichen denjenigen von Silicium gleichen. Somit können die Messmembran und das gläserne Tragglied einerseits und das gläserne Tragglied und das metallische Tragglied andererseits durch anodisches Kleben miteinander verbunden werden.

Die Erfindung betrifft kurz zusammengefasst einen Differenzdruckmesswandler mit einer Messmembran aus Halbleitermaterial und mit Messwiderstandselementen auf der einen Seite sowie einem mittleren Vorsprungsteil grosser Dicke und einem in Umfangsrichtung verlaufenden Tragflansch auf der anderen Seite mit einem dazwischen angeordneten ringförmigen Abschnitt geringer Dicke. Die Messmembran ist mit dem Tragflansch an einem gläsernen Tragglied und einen metallischen Tragglied befestigt, die jeweils mit miteinander in Verbindung stehenden druckleitenden Bohrungen versehen sind. Das metallische Tragglied ist aus einem Material mit einem Elastizitätsmodul gebildet, der im wesentlichen gleich demjenigen der Messmembran ist.

Die Erfindung wird anhand der Zeichnung beispielsweise beschrieben. Darin zeigt:

- Fig. 1 einen gesamten Schnitt eines Differenzdruckmesswandlers mit einer Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 2 einen Detailschnitt des Differenzdruckmessabschnitts;
- Fig. 3 eine Draufsicht der Messmembran;
- Fig. 4 eine Spannungsverteilung bei Ausübung von Druck auf die Messmembran;
- Fig. 5 die durch hydrostatischen Druck ausgeübten Einflüsse, wenn der Durchmesser des metallischen Tragglieds gegenüber dem Durchmesser der Glasscheibe verändert wird;
- Fig. 6 einen Detailschnitt einer Abänderung des Differenzdruckmessabschnitts;

Fig. 7 die Piezowiderstandskoeffizienten auf der $\{110\}$ -
Fläche;

Fig. 8 die Piezowiderstandskoeffizienten auf der $\{211\}$ -
Fläche.

Fig. 1 ist ein Gesamtschnitt eines Differenzdruckmesswandlers mit einem Druckaufnahmeabschnitt 10 und einem Differenzdruckmessabschnitt 12. Der Druckaufnahmeabschnitt 10 enthält ein Druckaufnahmegehäuse 14 mit einer hochdruckseitigen Dichtung oder Druckaufnahmemembran 16 und einer niederdruckseitigen Dichtung oder Druckaufnahmemembran 18 aus nichtrostendem Stahl (Monelmetall, Hastelloy oder Tantal, wenn das Fluid hoch korrosiv ist), die an ihren Seiten durch Schweißen befestigt sind zur Bildung einer hochdruckseitigen Druckaufnahmekammer 20 und einer niederdruckseitigen Druckaufnahmekammer 22 zwischen ihnen und dem Druckaufnahmegehäuse 14. An der Mitte des Druckaufnahmegehäuses 14 ist durch Schweißen eine mittlere Membran 24 aus nichtrostendem Stahl befestigt, die eine höhere Steifheit als das Material der hochdruckseitigen und niederdruckseitigen, druckaufnehmenden Membranen 16 und 18 hat, die mit dem Druckaufnahmegehäuse 14 zusammenarbeiten und dazwischen eine getrennte hochdruckseitige Kammer 26 und eine getrennte niederdruckseitige Kammer 28 bilden. Die hochdruckseitige Druckaufnahmekammer 20 steht über einen bei 30 gedrosselten Druckleitungs kanal 32 in Verbindung mit der getrennten hochdruckseitigen Kammer 26, während die niederdruckseitige Druckaufnahmekammer 22 über einen Druckleitungs kanal 34 mit der getrennten niederdruckseitigen Kammer 28 in Verbindung steht. Das Druckaufnahmegehäuse 14 ist mit Druckleitungs kanälen 36 und 38 versehen, die die Kammer 26 bzw. 28 mit dem Differenzdruckmessabschnitt 12 verbinden. Das Druckaufnahmegehäuse 14 ist auch mit Öffnungen 40 und 42 versehen zum Füllen einer inkompressiblen Flüssigkeit, etwa Siliconöl, in den Druckaufnahmeabschnitt 10. Diese Öffnungen werden nach dem Einfüllen der Flüssig-

keit zum Abdichten der Anordnung verstopft. Ein hochdruckseitiger Flansch 46 mit einer Einlassöffnung für Hochdruckfluid und ein niederdruckseitiger Flansch 50 mit einer Einlassöffnung 48 für Niederdruckfluid sind an gegenüberliegende Seiten des Druckaufnahmegehäuses 14 derart befestigt, dass sie für die hochdruckseitige Druckaufnahmemembran 16 bzw. die niederdruckseitige Druckaufnahmemembran 18 eine Abdeckung bilden. Diese Flansche sind bei 52 verschraubt und durch Muttern 54 in ihren Stellungen in der Nähe ihrer vier Ecken verspannt.

Der Differenzdruckmessabschnitt 12 enthält im wesentlichen in seiner Mitte eine Messmembran 56, die aus Monokristallsilicium der n-Art mit einer $\{110\}$ - Fläche besteht. Gemäss Fig. 2 und 3 enthält die Messmembran 56 einen mittleren Vorsprungsbereich 58 und einen in Umfangsrichtung verlaufenden Tragflansch 60 grosser Dicke, die zwischen sich einen ringförmigen spannungserzeugenden Abschnitt 62 geringerer Dicke begrenzen. Der mittlere Vorsprungsbereich 58 ist dicker als der Umfangsflansch 60 zur Bildung eines Spiels zwischen der Messmembran 56 und einer Glasscheibe 66. Auf dem Abschnitt 62 ist ein p-leitender Messwiderstand 64 vorgesehen, der eine Vielzahl von Widerstandselementen enthält, die durch ein Diffusionsverfahren oder ein Eisenimplantationsverfahren radial längs einer $\langle 111 \rangle$ - Achse vorgesehen sind, in der die Empfindlichkeit maximal ist. Nachdem die Messmembran 56 auf einer Fläche mit dem Messwiderstand 64 versehen ist, wird sie zur Bildung des mittleren Vorsprungsbereichs 58, des Halteflansches 60 und des ringförmigen Abschnitts 62 auf ihrer anderen Fläche spanabhebend bearbeitet oder geätzt. Zwei Messwiderstandselemente 64 sind jeweils in der Nähe des Tragflansches 60 und in der Nähe des Vorsprungsbereichs 58 vorgesehen und in einer Wheatstone'schen Brückenschaltung verbunden zur Erzeugung eines Ausgangs, wenn ein Differenzdruck erzeugt wird. Der Ausgang des Messwiderstands 64 wird über Aluminiumdrähte 65 abgenommen. Die mit

den Messwiderstandselementen 64 in der Nähe des mittleren Vorsprungsbereichs 58 verbundenen Aluminiumdrähte 65 erstrecken sich in den Vorsprungsbereich 58, ändern dann ihre Richtung und erstrecken sich quer über den spannungserzeugenden Abschnitt 62 zum in Umfangsrichtung verlaufenden Tragflansch 60. Somit befinden sich die Aluminiumdrähte 65 über dem spannungserzeugenden Abschnitt 62, jedoch im Abstand vom Dehnungsmesser 64, so dass die durch die Aluminiumdrähte 65 auf den Messwiderstand 64 ausgeübten Einflüsse beseitigt werden können.

Die Messmembran 56 wird getragen von einem Differenzdruckmessgehäuse 70 aus nichtrostendem Stahl durch eine Glasscheibe 66 mit einer druckleitenden Bohrung 67 und durch ein metallisches Tragglied 68 von zylindrischer Form und mit einer druckleitenden Bohrung 69. Die Glasscheibe 66 ist aus einem glasartigen Material mit einem Wärmeausdehnungskoeffizienten geformt, der im wesentlichen gleich dem Wärmeausdehnungskoeffizient ($3,125 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) von Silicium ist. Das metallische Tragglied 68 ist aus metallischem Material geformt mit einem Wärmeausdehnungskoeffizient und einem Elastizitätsmodul, die im wesentlichen gleich dem Wärmeausdehnungskoeffizient und dem Elastizitätsmodul ($1,732 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$) von Silicium sind.

Die Glasscheibe 66 besteht im einzelnen aus Borsilikatglas mit einem Wärmeausdehnungskoeffizient von $3,18 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ und einem Elastizitätsmodul von $6,68 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$. Das metallische Tragglied 68 besteht aus einer Eisen-Nickel-Legierung mit 40 % Nickel (Wärmeausdehnungskoeffizient, $3,6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$; Elastizitätsmodul: $1,57 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$) oder einer Eisen-Nickel-Kobalt-Legierung mit 30 % Nickel und 17 % Kobalt (Wärmeausdehnungskoeffizient: $5,4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$; Elastizitätsmodul: $1,25 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$). Die Messmembran 56 ist an der Glasscheibe 66 und die Glasscheibe 66 am metallischen Metallglied 68 durch anodisches Kleben befe-

stigt, während das metallische Tragglied 68 mit dem Differenzdruckmessgehäuse 70 durch Lichtbogenschweissen verbunden ist. Das Differenzdruckmessgehäuse 70 enthält eine ringförmige gedruckte Schaltung 72 aus Keramik, die im wesentlichen bündig mit der Messmembran 56 und durch Löten am unteren Endabschnitt eines leitenden Glieds 76 befestigt ist, das sich durch das Differenzdruckmessgehäuse 70 erstreckt und mit mehreren Öffnungen 74 versehen ist. Das leitende Glied 76 wird von einer hermetischen Dichtung 78 in den Öffnungen 74 gehalten. Die gedruckte Schaltung 72 und der den Messwiderstand 64 der Messmembran 56 sind durch Leiter 80 miteinander verbunden, während das leitende Glied 76 mit einem Leiter 82 verbunden ist.

An das Druckaufnahmegehäuse 14 ist ein metallisches Verbindungsstück 88 geschweisst, das mit Druckleitungsbohrungen 84 und 86 versehen ist und an das das Differenzdruckmessgehäuse 70 geschweisst ist. An letzteres ist eine Platte 90 geschweisst zur Verbindung der druckleitenden Bohrung 86 mit der im metallischen Tragglied 68 ausgebildeten druckleitenden Bohrung 69. Eine Schutzabdeckung 92 für die gedruckte Schaltung 72 befindet sich zwischen der Messmembran 56 und der druckleitenden Bohrung 84. Das Differenzdruckmessgehäuse 70 wird nach dem Vorsehen der hermetischen Dichtung 78 ausgeglüht und hat einen verringerten Korrosionswiderstand. Somit wird die Schutzabdeckung 94 vorgesehen. Ein nicht gezeigter Verstärkungsabschnitt ist mit dem oberen Teil des Differenzdruckmessgehäuses 70 verbunden und befindet sich in einem Verstärkergehäuse 96, das durch Schrauben 98 am metallischen Verbindungsglied 88 befestigt ist.

Die getrennte hochdruckseitige Kammer 26 hat ein grösseres Volumen als die hochdruckseitige Druckaufnahmekammer 20, während die getrennte niederdruckseitige Kammer 28 ein grösseres Volumen als die niederdruckseitige Druckaufnahmekammer 22 hat. Durch diese Druckdifferenz wird die mittige

Membran 24 daran gehindert, in Berührung mit dem Druckaufnahmegehäuse 14 gebracht zu werden, wenn die hochdruckseitige Druckaufnahmemembran 16 oder die niederdruckseitige Druckaufnahmemembran 18 durch einen Überlastdruck in Berührung mit dem Druckaufnahmegehäuse gebracht wird. Folglich wirkt kein Überlastdruck auf die Messmembran 56 und können eine Verschlechterung ihrer Eigenschaften und ihre sonstige Beschädigung vermieden werden.

Ein unter hohem Druck stehendes Fluid, etwa ein zu verarbeitendes Fluid, wird durch die Hochdruckfluid-Einlassöffnung 44 dem hochdruckseitigen Flansch 46 in das Druckaufnahmegehäuse 14 eingeführt, und es wird der Druck des Hochdruckfluids über die Membran 16, den Kanal 32, die Kammer 26 und die Druckleitungskanäle 36 und 84 auf eine Seite der Messmembran 56 übertragen. In ähnlicher Weise wird unter niedrigem Druck stehendes Fluid durch die Niederdruckfluid-Einlassöffnung 48 im Niederdruckflansch 50 eingeführt, und es wird der Druck des Niederdruckfluids über die Membran 16, den Druckleitungs kanal 34, die Kammer 28 und die Druckleitungs kanäle 38, 86, 69 und 67 auf die andere Seite der Messmembran 56 übertragen. Als Ergebnis erzeugt der spannungserzeugende Abschnitt 62 der Messmembran 56 eine Spannung entsprechend der zu messenden Druckdifferenz, wobei der Widerstandswert des Dehnungsmessers 64 eine Änderung zeigt. Diese Widerstandsänderung wird über die Leiter 80, die gedruckte Schaltung 72 und die leitenden Glieder 76 und 82 auf einen Verstärkungsabschnitt übertragen, wo die Druckdifferenz angezeigt wird.

Wenn aus einer Pfeilrichtung gemäss Fig. 4 ein Druck P ausgeübt wird, wird auf der Oberfläche des spannungserzeugenden Abschnitts 62 der Messmembran 56 eine Spannung erzeugt. Die Messwiderstandselemente 64A, 64B, 64C und 64D in der Nähe der Stelle, in der eine maximale Spannung ϵ_m , $-\epsilon_m$ angezeigt wird, sind dem Piezowiderstandseffekt unterworfen. Als Ergeb-

nis werden die Widerstandswerte der Messwiderstandselemente 64B und 64D auf Grund der darauf wirkenden Zugspannung erhöht, während der Widerstand der Messwiderstandselemente 64A und 64C auf Grund der darauf wirkenden Druckspannung verringert ist. Die aus dem Messwiderstand 64 bestehende Wheatstone'sche Brücke erzeugt einen der Druckdifferenz entsprechenden elektrischen Ausgang.

Die Ausübung von hydrostatischem Druck auf den Differenzdruckmesswandler als ganzem bewirkt die Erzeugung einer Spannungskomponente im spannungserzeugenden Abschnitt 62 auf Grund des Unterschieds des Elastizitätsmoduls zwischen der Messmembran 56 und der Glasscheibe 66. Da jedoch der Elastizitätsmodul des aus einer Eisen-Nickel-Legierung hergestellten metallischen Tragglieds 68 im wesentlichen gleich dem Elastizitätsmodul der Messmembran 56 aus Silicium ist, wird eine Verformung der Glasscheibe 66 verhindert und kann die Erzeugung eines elektrischen Ausgangs auf Grund der Ausübung von hydrostatischem Druck vermieden werden.

Fig. 5 zeigt die durch die Ausübung von hydrostatischem Druck ausgeübten Einflüsse, wenn der Durchmesser des aus einer Eisen-Nickel-Legierung hergestellten metallischen Tragglieds 68 gegenüber dem Durchmesser der Glasscheibe 66 verändert wird, wobei die Dicke der Glasscheibe 66 als Parameter dient. Kurven T_1 , T_2 , T_3 und T_4 stellen die Versuchsergebnisse dar, wenn die Dicke der Glasscheibe 66 halb so gross, gleich gross, doppelt so gross bzw. dreimal so gross wie der Durchmesser der Messmembran 56 ist. Eine Verringerung der durch den hydrostatischen Druck ausgeübten Einflüsse erfordert eine Verringerung des Durchmessers des metallischen Tragglieds 68, wenn die Dicke der Glasscheibe 66 zunimmt. Wenn die Dicke der Glasscheibe 66 über dreimal so gross ist, wie die Dicke der Messmembran 56, ist es unmöglich, die vom hydrostatischen Druck ausgeübten Einflüsse selbst dann zu verringern, wenn der Durchmesser des metallischen Tragglieds 68

auf ein Minimum verringert wird. Somit ist es zur Beseitigung der vom hydrostatischen Druck ausgeübten Einflüsse erforderlich, die Dicke der Glasscheibe 66 auf einen Wert festzulegen, der kleiner als dreimal so gross wie die Dicke der Messmembran 56 ist, und den Durchmesser des metallischen Tragglieds 68 zu erhöhen, wenn die Dicke der Glasscheibe 66 unter den festgelegten Wert verringert wird.

Fig. 6 zeigt eine Konstruktion, bei der die Glasscheibe 66' in Form eines dünnen Films vorliegt und eine verringerte Dicke hat (einige Dutzend bis $100 \mu_m$), wobei der Durchmesser eines Endabschnitts des metallischen Tragglieds 68' im wesentlichen gleich dem Durchmesser der Messmembran 56 ist, und zwar beruhend auf den in Fig. 5 gezeigten Versuchsergebnissen. Wenn bei dieser Konstruktion hydrostatischer Druck auf den Wandler insgesamt ausgeübt wird, wird die Glasscheibe 66' auf ihren beiden Flächen dadurch unter Spannung gesetzt, dass der Elastizitätsmodul des metallischen Tragglieds 68 höher als derjenige der Glasscheibe 66 und im wesentlichen gleich demjenigen von Silicium ist mit dem Ergebnis, dass die in der Messmembran 56 erzeugte Spannung minimiert werden kann, die auf Grund des Unterschieds des Elastizitätsmoduls zwischen der Glasscheibe 66 und der Messmembran 56 in einer Richtung ausgerichtet ist. Durch diese Eigenschaft wird der Differenzdruckmesswandler nach der Erfindung gegenüber den vom hydrostatischen Druck ausgeübten Einflüssen weitgehend unempfindlich gemacht.

Aus den Ergebnissen der durchgeführten Versuche ist ersichtlich, dass das als Abstützlage für das gläserne Tragglied dienende metallische Tragglied eine Dicke haben sollte, die wenigstens über dem Doppelten der Dicke des gläsernen Tragglieds liegt, damit hervorragende Ergebnisse erzielt werden.

Fig. 7 zeigt eine Verteilung des Piezowiderstandskoeffizienten π_1 (erhalten, wenn die Richtung eines elektrischen Stroms

durch die Elemente parallel zur Spannungsrichtung ist) und des Piezowiderstandskoeffizienten $\tilde{\pi}_t$ (erhalten, wenn die Stromrichtung und Spannungsverteilung zueinander senkrecht sind) der p-leitenden Piezowiderstandselemente bezüglich der Kristallfläche $\{110\}$ der Messmembran 56 aus Silicium. Das in Fig. 7 dargestellte Diagramm unterstreicht die Wirksamkeit der oben angegebenen $\langle 111 \rangle$ -Achse.

Fig. 8 zeigt eine Verteilung der Piezowiderstandskoeffizienten $\tilde{\pi}_1$ und $\tilde{\pi}_t$ bezüglich der Kristallfläche $\{211\}$, die als weiteres Beispiel einer Kristallfläche genommen ist. Die $\langle 111 \rangle$ -Achse hat dieselbe Wirkung im Fall der $\{211\}$ -Fläche wie im Fall der $\{110\}$ -Fläche. Bei dieser Konstruktion ist die Ausgangsspannung hoch und kann die Spannung parallel zum Messwiderstand gemacht werden, so dass die Eigenschaften des Wandlers weitgehend vom senkrecht ausgerichteten Piezowiderstandseffekt abhängen.

Die Ergebnisse von durchgeführten Versuchen zeigen, dass Änderungen in der Temperatur der Ausgänge, die zur Zeit konstanter Stromerregung auftreten, kleiner sind bei einem senkrechten Piezowiderstandseffekt als bei einem waagerechten Piezowiderstandseffekt. Die Grösse nichtlinearer Fehler, die zur Zeit einer Spannungs-Widerstandsänderung gemacht werden, können in Abhängigkeit von der Temperatur variieren. Jedoch können Änderungen in der Grösse nichtlinearer Fehler stärker verringert werden, wenn ein senkrechter Piezowiderstandseffekt verwendet wird, als wenn ein waagerechter Piezowiderstandseffekt verwendet wird.

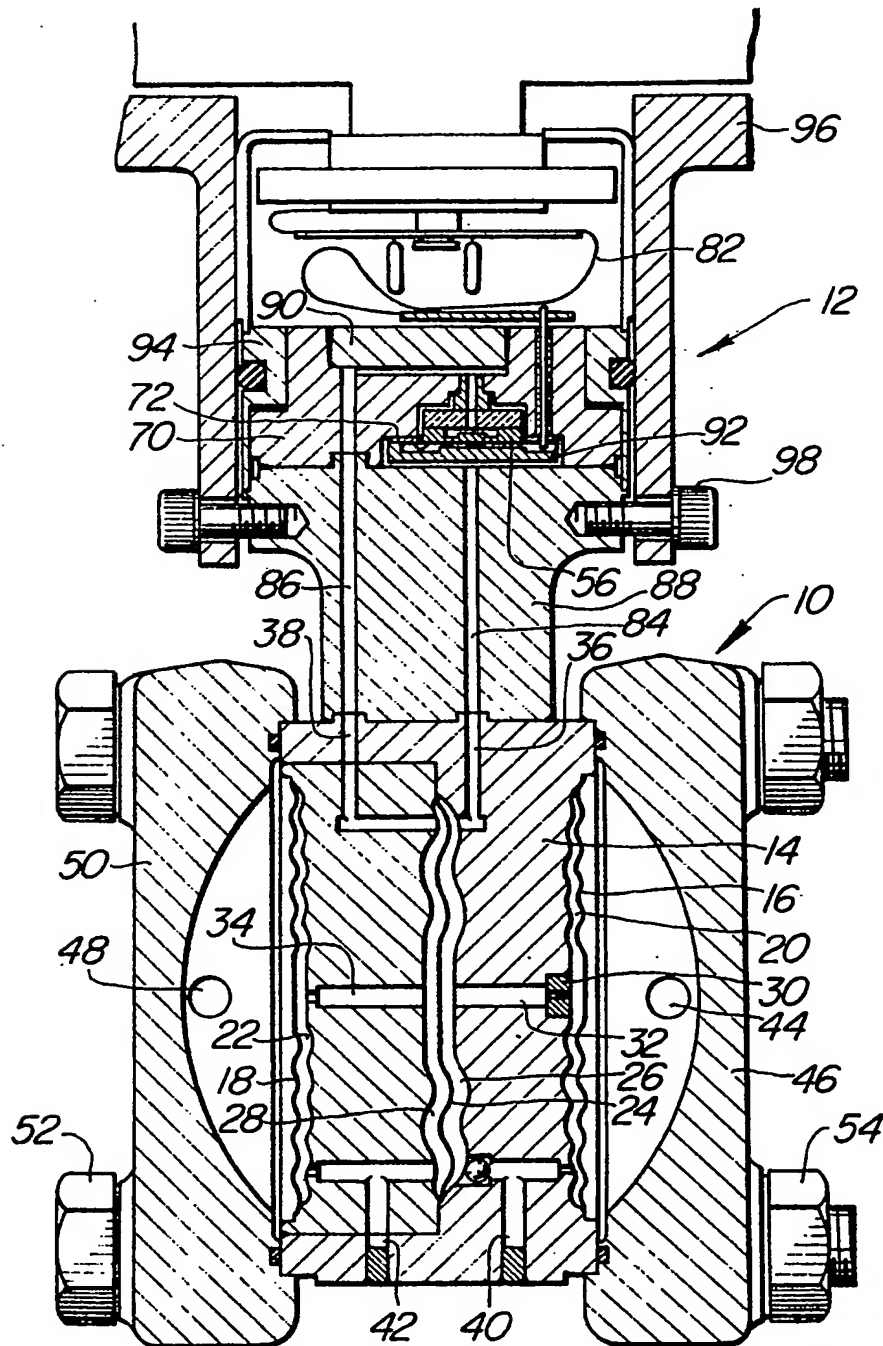
Aus dem Obigen ist ersichtlich, dass die Messmembran der genannten Konstruktion den Vorteil hat, dass sie einen hohen Ausgangswert hat und die Abhängigkeit von Messbereichs- und nichtlinearen Fehlern von der Temperatur minimiert werden kann, da durch radial zum spannungserzeugenden Ab-

schnitt erzeugte Messwiderstandselemente eine Brücke gebildet werden kann.

Somit schafft die Erfindung einen Differenzdruckmessverstärker, der leicht isoliert werden kann, da nur die Messmembran gegenüber dem Wandlergehäuse elektrisch isoliert ist, und der gegenüber den durch hydrostatischen Druck ausgeübten Einflüssen undurchlässig ist.

-19-
Leerseite

FIG. 1



NACHGEREICHT

FIG. 2

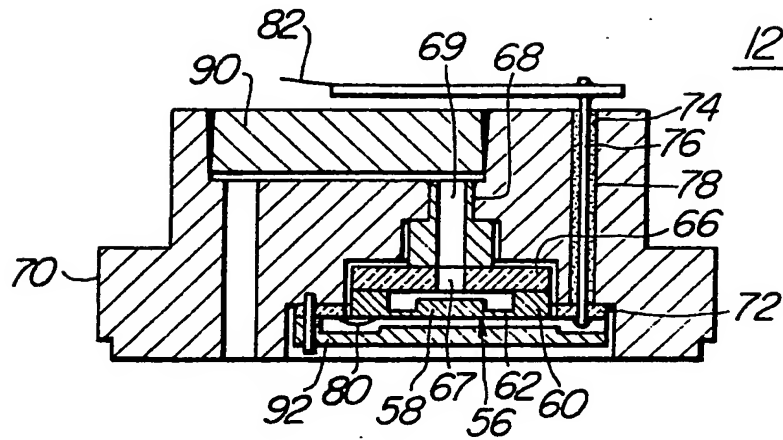
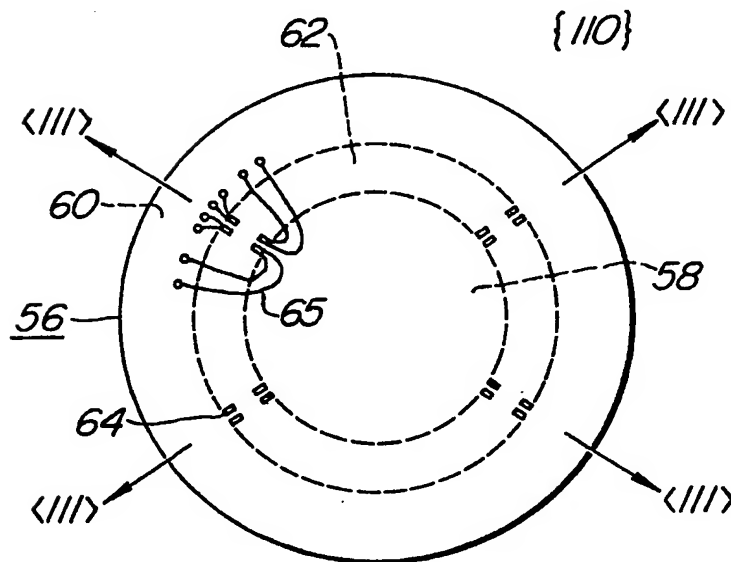


FIG. 3



HERFICHT

FIG. 4

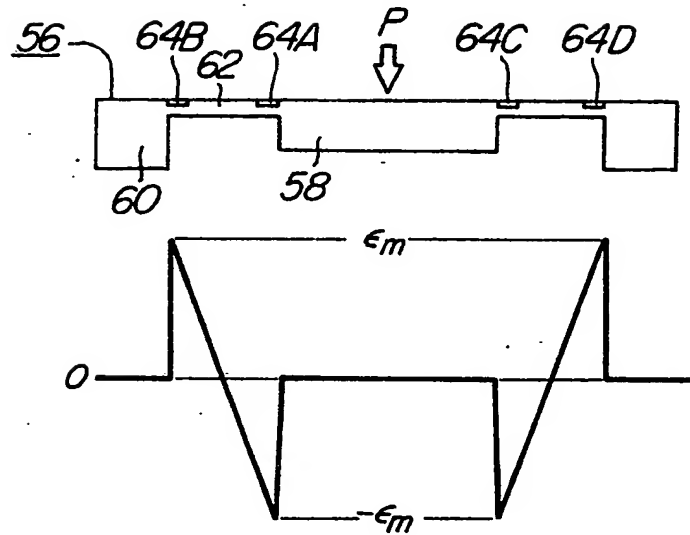
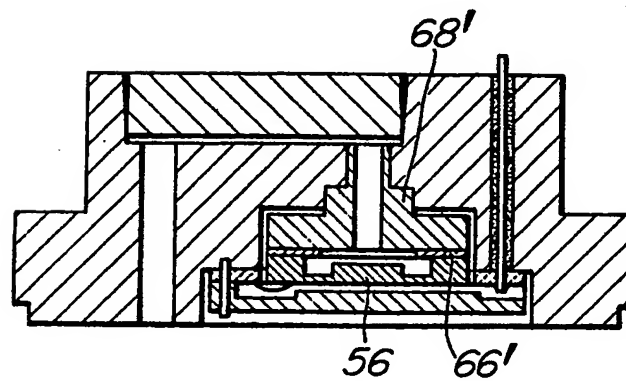
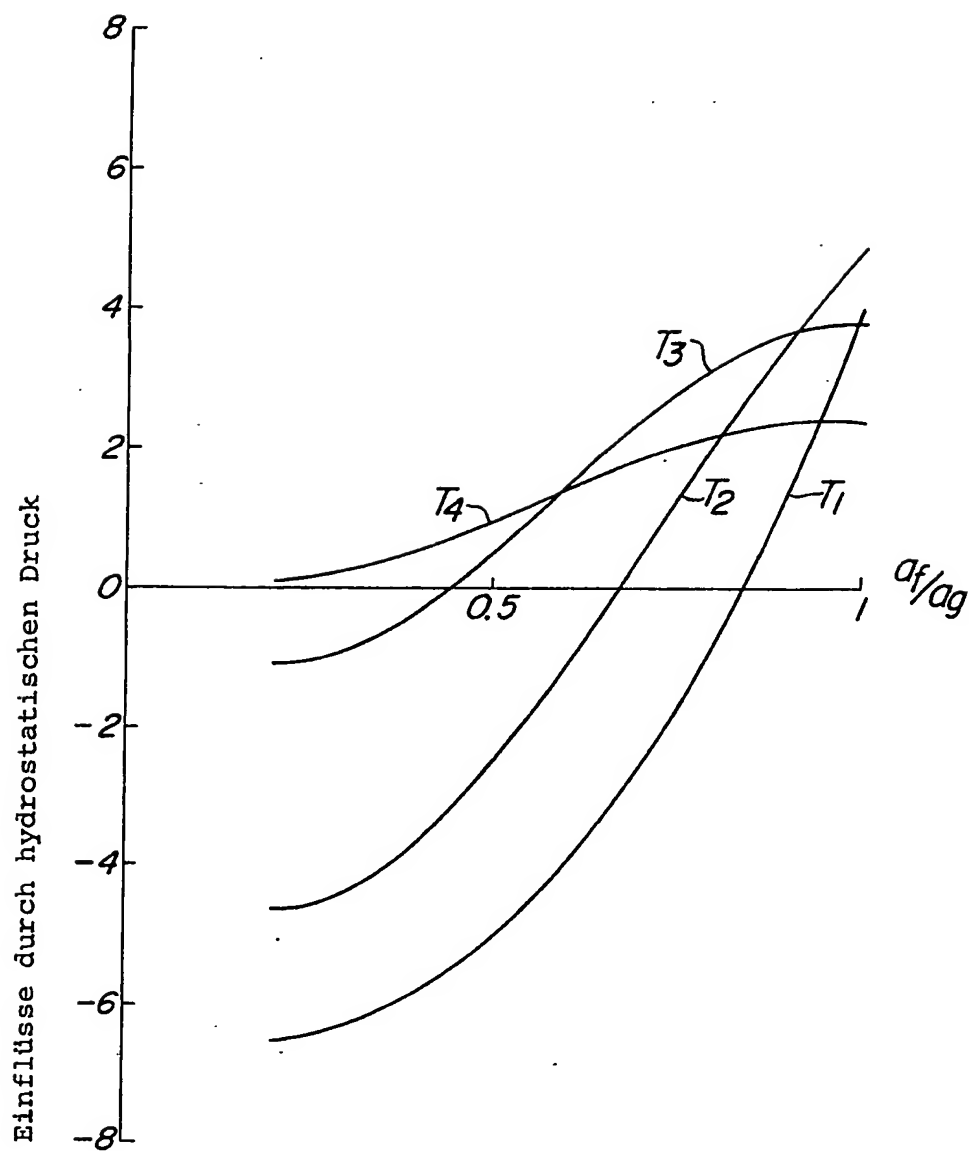


FIG. 6



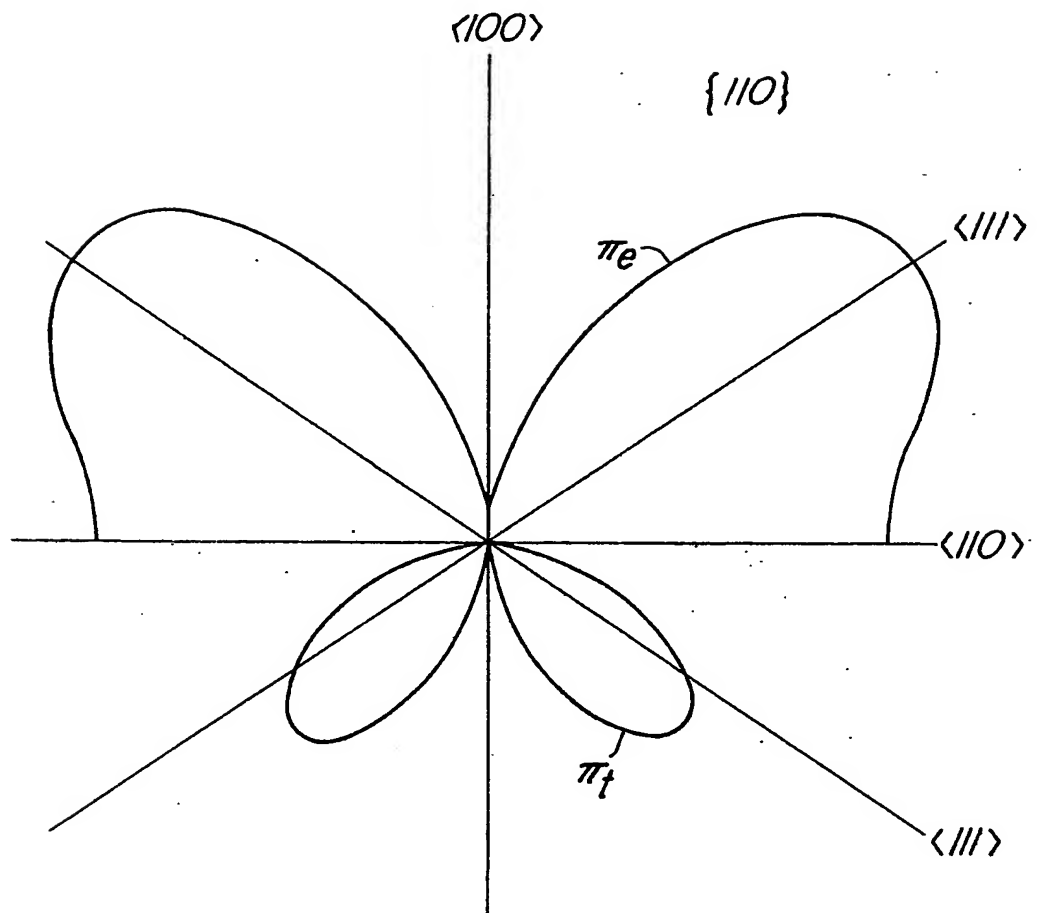
130039/0949

FIG. 5



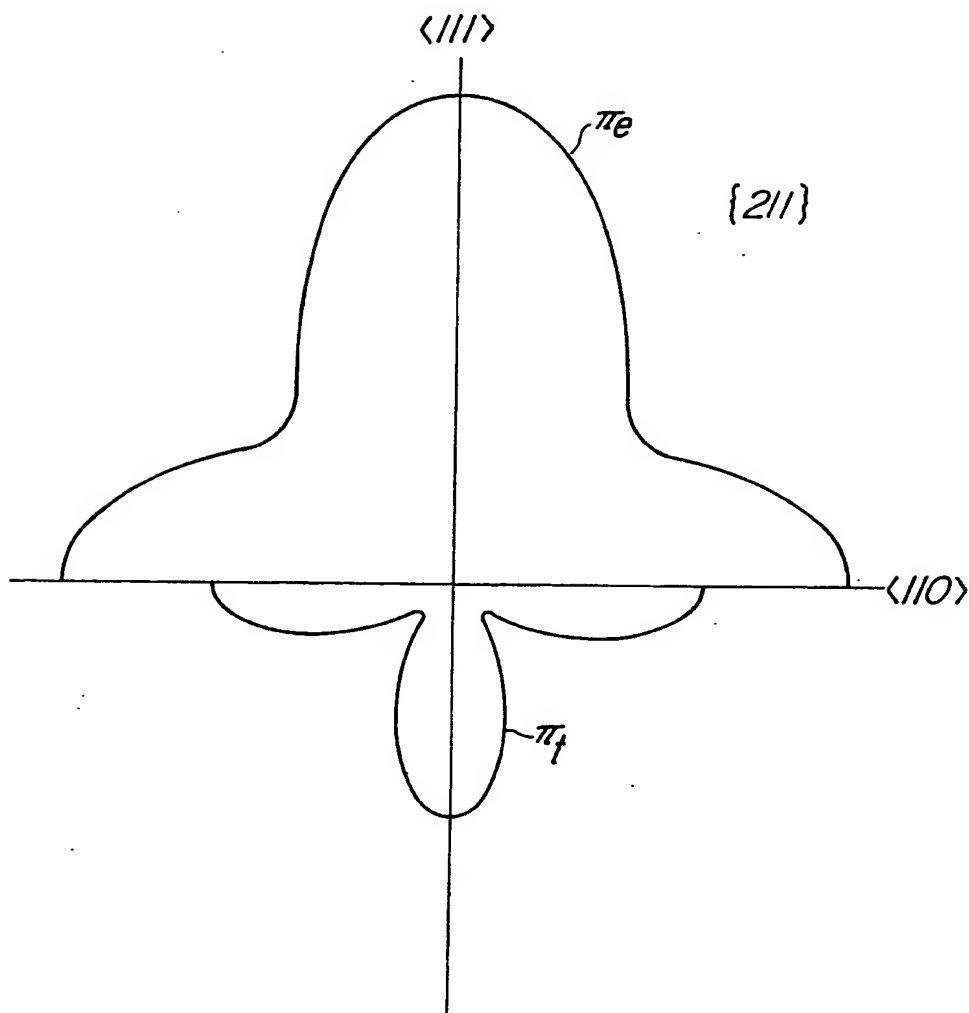
NACHGEREICHT

FIG. 7



HAFIGEREICHT

FIG. 8



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☒ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.